

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

УДК 622.831.32

В.В. Дырдин, И.С. Елкин, Я.В. Логинов

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ СОРБЦИИ НА УГЛЕ

Газовыделение из угля при различной степени влажности описывается зависимостью [1]:

$$Q = \frac{at}{b+t}, \quad (1)$$

где Q – объем метана, выделившегося из угля за время t ; a , b – постоянные, значения, которых находятся экспериментально.

Скорость метановыделения определяется как производная по времени от выражения (1):

$$q = \frac{ab}{(b+t)^2}. \quad (2)$$

Постоянные в уравнениях (1) и (2) в общем случае будут зависеть от технологических условий состояния угля и физических условий: температуры,

сорбционных процессов на границе раздела уголь-газ, давления и др. Кроме того, они будут зависеть от наличия жидкости в пористой структуре угля, препятствующей выходу газа, и величины краевого угла смачивания.

Нами были проведены аналогичные исследования процессов сорбции в угле, но в качестве адсорбата был взят атмосферный воздух, содержащий пары влаги. С помощью вакуумной установки нами проведены исследования процессов сорбции данной 2-х фазной системы углем. В основе исследований лежит принцип аналогии процессов сорбции и десорбции метана и воздуха в угле. С другой стороны, существует анало-

гия между газовыделением из газонасыщенного угля при высоком давлении и газовыделением при вакуумировании угля. Два процесса протекают одинаково по экспоненциальному закону.

Целью исследований являлось изучение процессов сорбции и десорбции в каменном угле в зависимости от внешнего воздействия на уголь. Исследовалось влияние степени разрушения образца на изменение сорбционной способности угля. Также изучалось влияние растворов поверхностно-активных веществ (ПАВ) на изменение сорбции воздуха углем.

Методика эксперимента заключается в следующем. Образцы угля вакуумировались

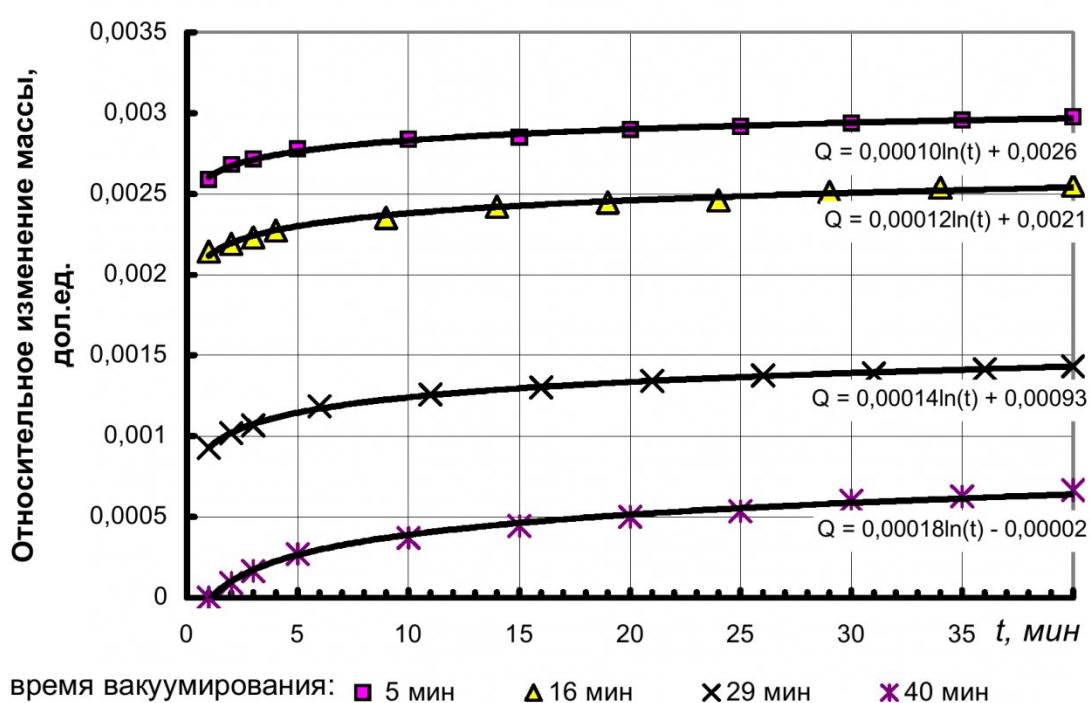


Рис. 1. Поглощение воздуха углем до воздействий на образец

при давлении 1500 Па с помощью форвакуумного насоса в течение 20-40 мин. Затем вакуум снимался и образец взвешивался с интервалом времени 1-5 мин в течение 40 мин.

Основным параметром, характеризующим сорбционный процесс, была выбрана масса адсорбированного вещества. Результаты экспериментальных исследований в виде зависимостей сорбированного воздуха от времени приведены на рис.1.

Относительное количество сорбированного адсорбата определялось по формуле

$$Q = \frac{m - m_{\text{сух}}}{m_{\text{сух}}},$$

где m – масса угля в момент времени t после снятия вакуума; $m_{\text{сух}}$ – масса сухого образца угля.

На диаграмме сорбции можно выделить несколько интервалов в диаграмме сорбции. На первой стадии протекает процесс активной адсорбции при интенсивной ламинарной и турбулентной фильтрации молекул адсорбата из внешней окружающей среды внутрь образца. Процесс имеет ярко вы-

раженный нелинейный характер. Второй интервал характеризует переходный процесс от интенсивной ламинарной фильтрации к слабой ламинарной фильтрации адсорбата с последующим адсорбированием. На третьем интервале наблюдается слабая линейная фильтрация и адсорбция, описываемая линейным законом. Как можно заметить из графиков на величину сорбции оказывает влияние в первую очередь время вакуумирования и, соответствующее ему, начальное количество адсорбата – масса адсорбата перед снятием вакуума. Полученные экспериментальные данные могут быть описаны уравнением вида

$$Q = k \ln(t) + Q_0.$$

Постоянные коэффициенты зависят от множества факторов: наличия адсорбата в порах, количества пор участвующих в сорбционном процессе, размеры пор, их геометрия и др.

Установлено, что k является функцией от Q_0 , если основным фактором, влияющим на процесс сорбции, будет являться наличие адсорбата в порах. Апроксимируем эксперименталь-

ные данные линейной функцией вида

$$k = \alpha Q_0 + \beta,$$

где α, β – эмпирические постоянные.

На рис.2 приведена линейная зависимость $k=f(Q_0)$.

Эмпирические постоянные в уравнении зависят от разницы между массами в воздушно-сухом состоянии и сухим

$$\alpha = f(m_{\text{возд.сух.}}, m_{\text{сух.}});$$

$$\beta = f(m_{\text{возд.сух.}}, m_{\text{сух.}}).$$

Так, при линейной связи это можно выразить в виде

$$\beta = \frac{m_{\text{возд.сух.}} - m_{\text{сух.}}}{m_{\text{сух.}}}.$$

При этом, необходимо полагать, что при нормальном атмосферном давлении масса угля в равновесном состоянии с окружающей средой приближенно равна массе в воздушно-сухом состоянии $m_{\text{возд.сух.}}$, а масса предельно вакуумированного угля равна массе сухого угля $m_{\text{сух.}}$, высущенного при температуре 110 °C до постоянной массы образца.

Сушка как температурное воздействие на образец может

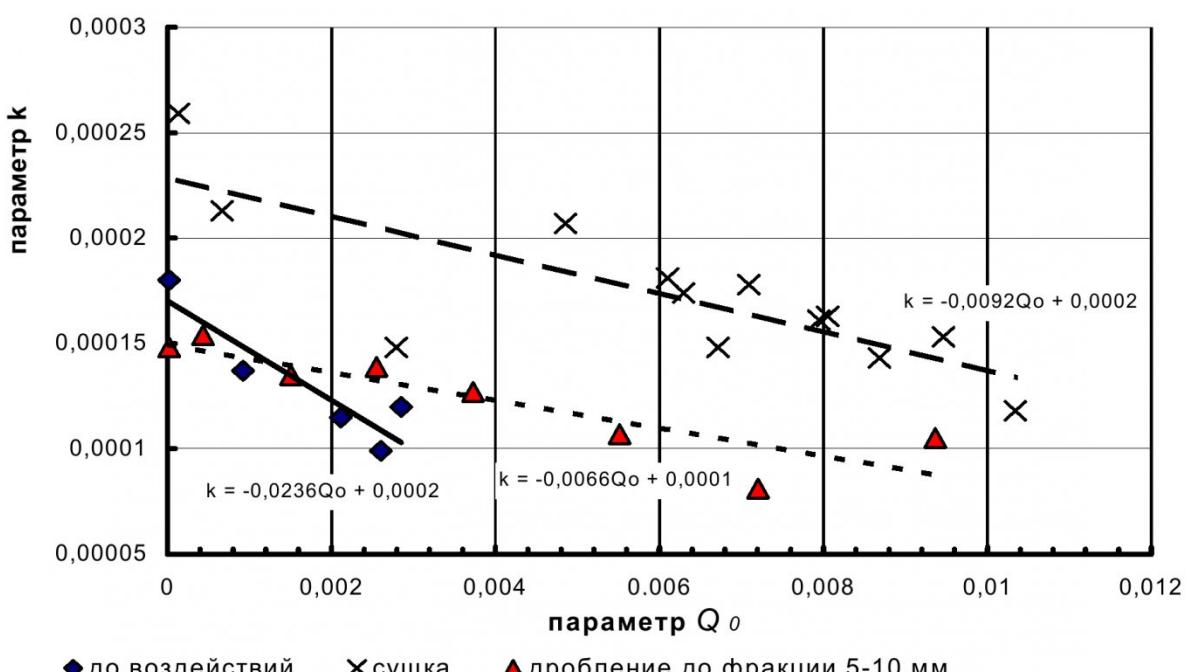


Рис. 2. Изменение параметров диаграммы сорбции в зависимости от воздействий на образец

существенно оказывать влияние на сорбционные свойства угля. Как видно из экспериментальных данных, это влияние проявляется в увеличение сорбционных пор образца.

В работе также исследовалось влияние степени разрушенности угля на процесс сорбции. Результаты показывают, что механическое разрушение ведет к увеличению количества пор, участвующих в сорбционном процессе, уменьшается длина фильтрующих капилляров. Результаты исследований показывают, что в образцах угля по данным многих авторов существует большое количество закрытых пор, которые не принимают участия в сорбционных процессах. Объем этих пор можно оценить исходя из связи между поверхностью пор сорбента и сорбционными показателями. Удельное количество закрытых пор уменьшается с уменьшением фракционного состава угля. Процесс сорбции на мелких фракциях протекает интенсивнее.

При обработке угля ПАВ характер протекания процесса сорбции воздуха будет зависеть от класса, к которому относится ПАВ, его химической активности. Агрессивные химически-активные среды вызывают растворения макромолекул угля, увеличивая при этом поперечные сечение микрокапилляров, разрушая одновременно с этим изолированность закрытых пор.

Поверхностно-активные вещества с низкой активностью, напротив, будут закупоривать микропоры, изолируя тем самым адсорбированный газ от процессов сорбции. Количество изолированных пор, не участвующих в адсорбционных процессах, будет увеличиваться.

Влияние механических воздействий на уголь, повторяющихся периодично, также не однозначно. Определяется с одной стороны амплитудой воздействия, с другой частотой повторения напряженно-деформационного состояния в образце (события). В общем случае зависит от энергии пере-

данной образцу за период колебаний. При низкой частоте это воздействие приводит к механическому разрушению, превращения микропор в макротрещины. При высоких значениях частоты возможен переход в новое фазовое состояние, активизация процессов межфазового взаимодействия между адсорбатом и адсорбентом, снижение краевого угла смачивания.

Таким образом, изменение физического состояния угля в результате физико-химического или физико-механического воздействия на уголь приводит к эквивалентным изменениям его сорбционных свойств.

На основе результатов исследований и разработанной методики предлагается метод выбора поверхностно-активного вещества в целях снижения газовыделения и пылеобразования на угольных шахтах. В основе метода лежит задача определения адсорбционной способности угля по отношению к адсорбату.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Чернов О.И., Пузырев В.Н., Вологодский В.А., Панасейко С.П. Метановыделение из увлажненных угольных пластов/ Вопросы безопасности в угольных шахтах: науч. тр. ВостНИИ.– Кемерово: Книжн. изд., 1972.– Т. 12. – С. 128-137.

Авторы статьи:

Дырдин
Валерий Васильевич
- докт. техн. наук, проф., зав.
каф.физики

Елкин
Иван Сергеевич
канд. техн. наук,
доц. каф.физики

Логинов
Ярослав Владимирович
- студент ГЭМФ